

## Potensi Arang Hasil Pirolisis Tempurung Kelapa sebagai Material Karbon

### *Potency of Charcoal from Pyrolysis of Coconut Shell's as Carbon Material Source*

Meytij Jeanne Rampe<sup>1)\*</sup>, Vistarani Arini Tiwow<sup>2)</sup>, Henny Lieke Rampe<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Manado. Jl. Kampus Unima Tondano, Manado

<sup>2)</sup>Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Makassar. Jl. Daeng Tata Raya, Makassar

<sup>3)</sup>Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Sam Ratulangi. Jl. Kampus Bahu, Manado

*Received 16<sup>th</sup> June 2013 / Accepted 18<sup>th</sup> August 2013*

#### ABSTRAK

Telah dilakukan kajian pengembangan material karbon dari arang hasil pirolisis tempurung kelapa. Penelitian bertujuan mempelajari penggunaan polivinil alkohol (PVA) sebagai stimulan dalam pengembangan arang terhadap sifat-sifat fisikokimia material karbon. Kalsinasi, pencampuran, dan sintering temperatur tinggi dilakukan pada proses penerapan teknologi karbon. Metode analisis *X-ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscopy* (SEM), *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS) untuk pengujian struktur kristal, topografi permukaan berupa struktur mikro dan analisis unsur material karbon. Karakteristik produk material karbon menunjukkan perubahan karakter di mana terjadi perubahan sifat fisikokimia dari arang amorf menjadi karbon dengan struktur semi-kristalin.

Kata kunci: Arang, Tempurung Kelapa, Pirolisis, Karbon

#### ABSTRACT

A study for development of carbon materials from coconut shell's pyrolysis has been conducted. The research aimed to study the utilization of poliviny alcohol (PVA) as stimulant in charcoal enhancement through carbon material physicochemical properties. Calcination, mixing and high temperature sintering applied on the carbon technology process. X-ray diffraction analysis method (XRD), Scanning Electron Microscopy (SEM), Energy Dispersive Spectroscopy (EDS) for analyzed crystal structure as well as surface topography in the form of microstructure and carbon material substance analysis. Product characteristics of the carbon material showed changes of its character where changes in physicochemical properties from amorf charcoal into carbon with semi-crystalline structure.

Key words: Charcoal, Coconut Shell, Pyrolysis, Carbon

---

*\*Korespondensi:*

*email: meytij\_rampe@yahoo.co.id*

## PENDAHULUAN

Selain keramik, polimer dan logam, material karbon merupakan salah satu jenis material yang cukup potensial penggunaannya dalam bidang rekayasa dan konstruksi. Material karbon yang digunakan biasanya allotrop dari makromolekul yang tersusun atas atom-atom karbon. Atom-atom karbon tersebut membentuk struktur molekul yang unik. Struktur ikatan kimia yang terbentuk memberikan kontribusi terhadap sifat-sifat unggul material karbon. Fungsi dan sifat sebuah material erat kaitannya dengan cara struktur ikatan kimia terbentuk (Askeland, 1996).

Material karbon memiliki beberapa jenis allotrop (bentuk material karbon yang berbeda struktur ikatan kimianya), di antaranya grafit, intan, *black carbon*, *fullerene*, *carbon nano tube* (CNT). Grafit merupakan jenis material karbon yang terbentuk dari atom-atom karbon yang membentuk orbital  $sp^2$ . Satu atom karbon membentuk ikatan dengan 3 atom karbon lainnya. Jika dilihat dalam skala mikroskopis, material grafit ini terdiri atas lembaran-lembaran datar atom-atom karbon yang berikatan, disebut grafen. Grafen-grafen ini saling membentuk ikatan satu sama lain melalui ikatan lemah gaya ikatan *van der Waals*. Sifat struktur ikatan dan interaksi dinamis antara lembaran grafen menghasilkan sifat konduktivitas listrik yang besar serta sifat sebagai pelumas. Aplikasi di lapangan material grafit ini berperan sebagai konduktor listrik yang baik dan bahan untuk pelumas.

Komposisi utama tempurung kelapa terdiri dari selulosa, lignin, hemiselulosa

dengan kandungan atom-atom C, O, H, dan N. Material-material organik ini mengandung gugus fungsional seperti hidroksil (R-OH), alkana (R-(CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub>-R'), karboksil (R-COOH), karbonil (R-CO-R'), ester (R-CO-O-R'), gugus eter linear dan siklik (R-O-R') dengan variasi jumlah (van der Marrel dan Beutelspacher, 1976; Rampe dkk, 2011a; Rampe dkk, 2011c; Rampe dkk, 2011d). Reaksi kimia yang paling umum adalah pembakaran, yang merupakan kombinasi dari bahan bakar dengan oksigen untuk membentuk senyawa produk. Transformasi kimia ini merupakan energi potensial pada skala molekul, dalam hal ini berhubungan dengan posisi atom dan struktur molekul.

Arang adalah suatu bahan padat yang berpori dan merupakan hasil pemanasan dari bahan yang mengandung unsur karbon. Sebagian besar dari pori-porinya masih tertutup dengan hidrokarbon, tar dan senyawa organik lain dan komponennya terdiri dari karbon terikat, abu, air, nitrogen dan sulfur. Arang dapat dibuat dengan pemanasan langsung atau tidak langsung dalam timbunan maupun tanur. Pada proses peruraian ini selain arang dapat dihasilkan produk lain berupa destilat dan gas. Produk yang memiliki nilai komersial terutama adalah arang.

Perlakuan temperatur pemanasan dan lama reaksi (lama penahanan) pada proses sintesis material karbon dimaksudkan untuk mengetahui hubungan struktur mikro, komposisi kimia, sifat-sifat fisik material karbon yang dihasilkan. Data yang diperoleh berupa sistem kristalografi (struktur kristal) melalui teknik *X-ray Diffraction* (XRD), spektrum topografi permukaan (struktur mikro) melalui teknik analisis *Scanning Electron Microscopy*

(SEM), spektrum yang menunjukkan komposisi unsur berdasarkan tingkat energi melalui teknik *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS), (Lalena dkk, 2008; Calister, 2007; West, 1989; Askeland, 1996; Fernandez dan Fernandez, 2008).

## METODE

### Prosedur Penelitian

Kepingan halus arang tempurung kemudian dihaluskan menjadi serbuk dan diayak dengan ayakan 100 mesh untuk menyeragamkan ukuran partikel (Lalena dkk, 2008). Diperoleh serbuk karbon dengan ukuran partikel lolos ayakan 100 mesh. Selanjutnya serbuk arang lolos ayakan 100 mesh dimasukkan ke reaktor kalsinasi *tube furnace*. Arang dikalsinasi pada temperatur 600°C selama 3 jam dihitung saat tercapainya temperatur tersebut, dengan dialiri gas N<sub>2</sub> (Anirudhan dkk, 2009).

### Sintesis Kokas

Sintesis kokas dilakukan dengan metode pelarut. Metode pelarut, sebanyak 2,5-7,5% berat (0,25-0,75 gram) polivinil alkohol (PVA) dengan karbon tempurung kelapa hasil kalsinasi dilarutkan dalam akuades (2,5-10 mL) pada temperatur 80°C, diaduk selama 60 menit hingga terhidrolisis sempurna (Reed, 1989; Billmeyer, 2000). Sistem larutan polivinil alkohol (PVA) dicampur dengan karbon hasil kalsinasi, dengan proses pencampuran hingga campuran homogen, selanjutnya dikeringkan pada suhu kamar selama semalam.

Selanjutnya hasil dari kedua metode pencampuran tersebut dicetak dengan menggunakan cetakan berbentuk silinder dengan diameter dalam ~15mm. Pemadatan

dilakukan dengan penekanan pada satu arah dengan alat Tarno Grocki model 312 dengan gaya tekan sebesar 10 ton. Proses ini menghasilkan sampel berupa pellet (*green compact*). Sampel yang diperoleh dengan cara ini kemudian dikeringkan pada suhu ruang selama 24 jam, dan dilanjutkan proses pengeringan dalam oven pada suhu 110°C selama 4 jam. Sampel yang didapat dengan cara ini selanjutnya dimasukkan ke dalam tungku untuk sintering. Sampel menjalani proses sintering pada temperatur 1000°C dan waktu penahanan selama 3 jam di dalam tungku *Carbolite*, Edwards Pirani 501, A6D, pendinginan dalam tungku (*annealing*) (Jia-Yuan dkk, 2008; Buchman dan Bryand, 1999).

### Sintesis karbon struktur

Kokas dipanaskan kembali pada temperatur sintering 1500 °C; dengan laju pemanasan 10 °C/menit, atmosfer gas Argon dan waktu penahanan 3 jam di dalam tungku *Carbolite*, Edwards Pirani 501, A6D; dengan pendinginan dalam tungku (*annealing*).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Analisis *X-ray Diffraction* (XRD) dari produk karbon yang telah disintering pada sampai dengan 1500°C.

Tabel 1 disajikan hasil perhitungan ukuran kristalin material karbon yang disintering pada temperatur 1500°C dengan metode pelarut.

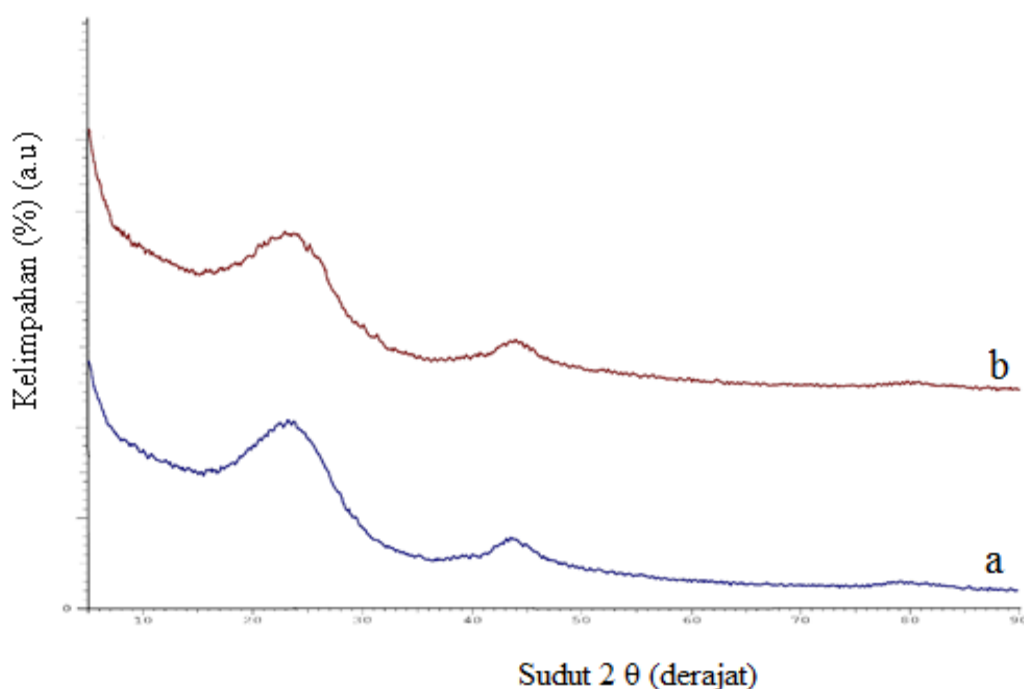
Gambar 2 menunjukkan difraktogram sinar-X dari kokas hasil sintering pada temperatur 1500 °C dengan konsentrasi polivinil alkohol 5-7,5 % berat. Puncak melebar karakteristik diamati pada 26,2° untuk konsentrasi 5% dan 26,42° untuk

konsentrasi 7,5% dengan metode pelarut. Puncak ketajaman karakteristik ini menunjukkan sifat kristal dari grafit dan sesuai dengan difraksi dari bidang (002). Selanjutnya intensitas puncak karakteristik bertambah karena peningkatan kristalin dengan perlakuan temperatur lebih tinggi.

Temperatur sintering berpengaruh positif dalam perubahan karakter arang tempurung menggunakan polivinil alkohol sebagai stimulan, namun metode pencampuran dan konsentrasi polivinil alkohol tidak berpengaruh secara nyata.

Tabel 1. Hasil perhitungan ukuran butir karbon pada temperatur 1500°C dengan metode pelarut.

Sampel	FWHM (°)	2 $\theta$ (°)	t (Å)
Pelarut-5%	1,6	25,9	502,58
PVA	0,44	42,12	1908,56
	0,18	59,59	5016,93
		Rata-rata =	<b>2476,02</b>
Pelarut-7,5%	0,89	26,42	898,41
PVA	0,84	42,18	1001,28
	0,19	48,43	4429,32
	0,31	50,26	2838,08*
		Rata-rata =	<b>2109,67</b>



Gambar 1. Difraktogram XRD arang tempurung kelapa-polivinil alkohol (PVA) yang telah disintering pada temperatur 1500 °C dengan metode pelarut: (a) PVA 5% massa, dan (b) PVA 7,5% massa.

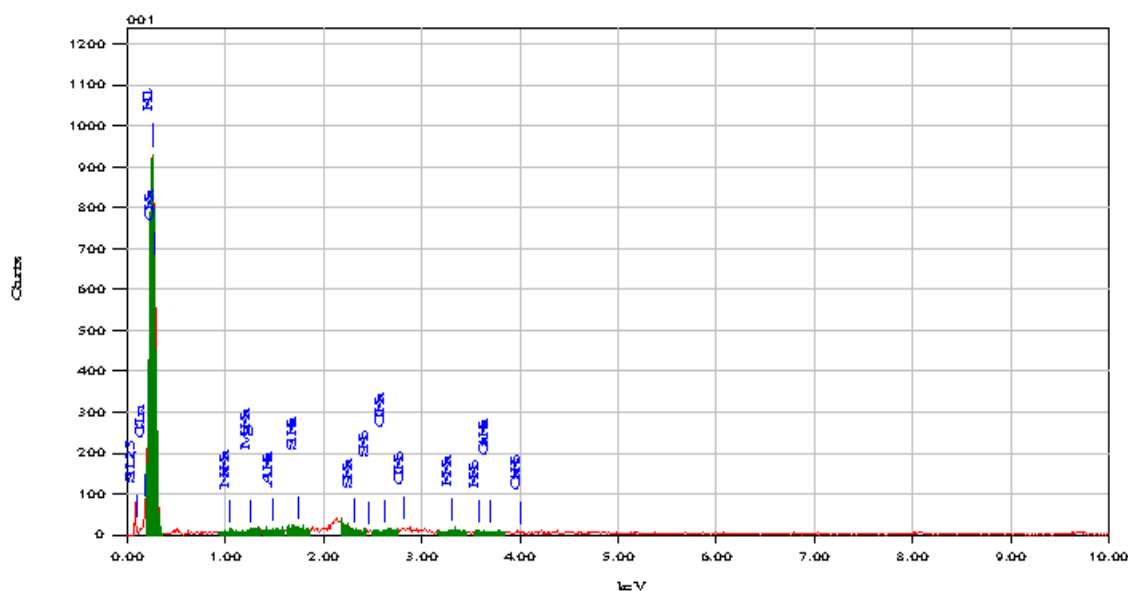
## 2. Analisis unsur dan struktur permukaan spektrum SEM-EDS produk material karbon yang telah disintering pada 1500°C.

Hasil pengujian identifikasi unsur-unsur penyusun material karbon yang telah disintering pada temperatur 1500°C dengan menggunakan EDS pada Tabel 2 meliputi unsur utama penyusun material karbon yaitu karbon sebesar 97,44% massa dan unsur minor terdiri dari unsur natrium, Na

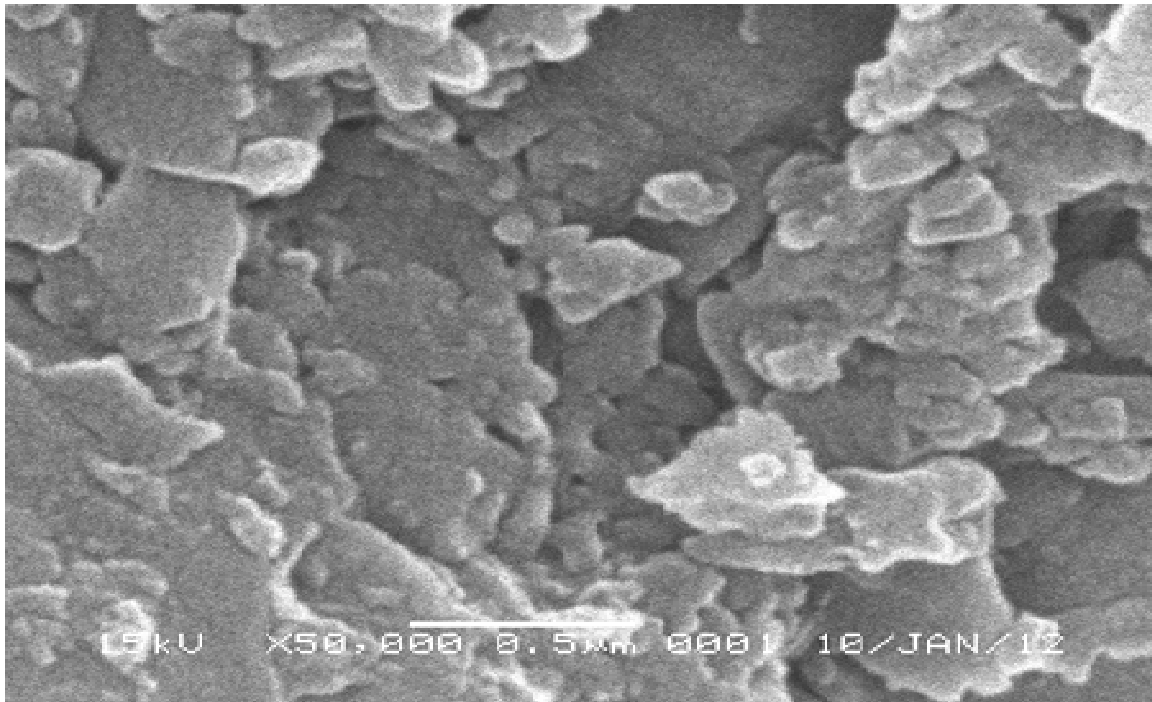
sebesar 0,485% massa, magnesium, Mg sebesar 0,18% massa; aluminium, Al sebesar 0,09 % massa; klorida, Cl sebesar 0,47% massa; dan kalium, K sebesar 1,055% massa (Gambar 2). Material karbon dengan menggunakan 5% PVA ini dengan pensinteran pada temperatur 1500°C masih menunjukkan kandungan unsur yang lain yang merupakan unsur pengotor yang utama terdapat pada arang tempurung kelapa.

Tabel 2. Analisis unsur spektrum EDS arang tempurung kelapa-polivinil alkohol (PVA) dengan metode pelarut yang dilakukan sintering temperatur 1500°C.

No	Unsur	Rerata, % massa
1	C	97,44
2	Na	0,485
3	Mg	0,18
4	Al	0,09
5	Cl	0,465
6	K	1,055



Gambar 2. Spektrum EDS arang tempurung kelapa-PVA (5% massa) yang disintering pada temperatur 1500°C, dengan aliran gas argon.



Gambar 3. Morfologi permukaan SEM arang tempurung kelapa-PVA (5% massa) yang telah disintering pada 1500°C, pembesaran 50.000x

Gambar 3 merupakan morfologi permukaan SEM arang tempurung kelapa dengan stimulan PVA (5%) menunjukkan sebaran partikel dan ukuran partikel belum seragam.

## KESIMPULAN

Temperatur *sintering* berpengaruh terhadap pertumbuhan kristal karbon. Derajat pertumbuhan kristal dan struktur permukaan dikendalikan oleh orientasi kristal dalam proses penataan keteraturan atom karbon pada material karbon, dimana arang dengan struktur tidak teratur menjadi material karbon dengan struktur semi-kristalin. Karakter arang tempurung kelapa ini dapat diaplikasikan dalam pengembangan material karbon.

## DAFTAR PUSTAKA

Anirudhan TS, Sreekumari SS, Bringle CD. 2009. *Removal of Phenol from Water and*

*Petroleum Industry Refinery Effluents by Activated Carbon Obtained from Coconut Coirpith*. Adsorption. 15: 439-451.

Askeland RR. 1996. *The Science and Engineering of Materials Third Edition*. USA: Nelson Thomes.

Billmeyer FW. 2000. *Textbook of Polymer Science*. Singapore: John Wiley & Sons.

Buchman A dan Bryant RG. 1999. *Molded Carbon-Carbon Composite Based on Microcomposite Technology*. App. Comp. Mat. 6: 309-326.

Callister WD. 2007. *Materials Science and Engineering : An Introduction, Seventh Edition*. Singapore: John Wiley & Sons.

Fernandez MD, Fernandez MJ. 2008. *Thermal Degradation of Copolymers from Vinyl Acetate and Vinyl Alcohol*. J.Therm.Anal.Calorim. 92: 829-837.

Jia-Yuan, Z, Jie-min Z, Hong-Jie Y. 2008. *Kinetic Model on Coke Oven Gas With Steam Reforming*. J.Cent.South Univ.Technol. 15: 127-131.

- Lalena JN, DA Cleary DA, Carpenter EE, dan Dean NF. 2008. *Inorganic Materials Synthesis and Fabrication*. John Wiley & Sons, USA.
- Mendez S, Santamaria R. 2008. *Structural Changes During Pitch-Based Carbon Granular Composites Carbonisation*. J. Mater. Sci. 43: 906-921.
- Rampe MJ, Setiaji B, Trisunaryanti W, Triyono. 2011a. *Fabrication and Characterization of Carbon Composite from Coconut Shell Carbon*. Indo. J. Chem. 11(2): 124-130.
- Rampe MJ, Setiaji B, Trisunaryanti W, Triyono. 2011b. *The Characteristic of Polyvinyl Alcohol-Carbon from Coconut Shell Carbon*. The International Conference on Bioscience and Biotechnology (ICBB) UIN Yogyakarta, Oktober 11<sup>th</sup> – 12<sup>th</sup> 2011, P-73 – P-78.
- Rampe MJ, Setiaji B, Trisunaryanti W, Triyono. 2011c. *Effect of Carbonization Temperature on Physical Properties of Coconut Shell Carbon*. The International Conference on Basic Science (ICBS) UB Malang, 555-559.
- Rampe MJ, Setiaji B, Trisunaryanti W, Triyono. 2011d. *The Infrared Absorption Spectral Changes of Coconut Shell with Polyvinyl Alcohol Stimulant*. The 1<sup>st</sup> International Conference on Materials Engineering (ICME) FT UGM Yogyakarta, 153-158.
- Reed JS. 1988. *Introduction to the Principles of Ceramic Processing*. Singapore: John Wiley & Sons.
- Seok JS, Jung SC, Ko YC, Sun DS. 2005. *Development of Carbon Dioxide Adsorbents Using Carbon Materials Prepared from Coconut Shell*. Korean J. Chem. Eng. 22: 291-297.
- Van der Marel HW, H Beutelspacher. 1976. *Atlas of Infrared Spectroscopy of Clay Minerals and their Admixtures*. Amsterdam: Elsevier.
- Wang F, Rozhin AG, Sun Z, Scardaci V, Pentry RV, White IH, Ferrari AC. 2008. *Fabrication, Characterization and Mode Locking Application of Single-Walled Carbon Nanotube/Polymer Composite Saturable Absorbers*. Int. J. Mater. Form. 1: 107-112.
- West AR. 1989. *Solid State Chemistry and Its Applications*. Singapore: John Wiley & Sons.
- Yin Y, Zhang J, Sheng C. 2009. *Effect of Pyrolysis Temperature on the Char Micro-Structure and Reactivity of NO Reduction*. Korean J. Chem. Eng. 26(3): 895-901.